

**GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS. SEGUNDA PARTE**  
**FISICA II**  
**DISEÑO INDUSTRIAL**  
**CATEDRA DENEGRÍ**

**DOCENTES: Dra. Elsa Giacani, Dr. Sergio Paron**

## ONDAS - OPTICA FISICA - FOTOMETRIA - SONIDO

Los parámetros más importantes de una onda son: amplitud ( $A$ ), longitud de onda ( $\lambda$ ), frecuencia ( $\nu$ ) y velocidad de propagación ( $v$ ). La relación entre longitud de onda y frecuencia es una relación inversamente proporcional:

$$\nu = \frac{\lambda}{v}$$

La frecuencia representa la “cantidad” de longitudes de onda que se producen por unidad de tiempo.

La Figura 1 muestra un esquema de un movimiento ondulatorio. En este caso se esquematiza una onda transversal.

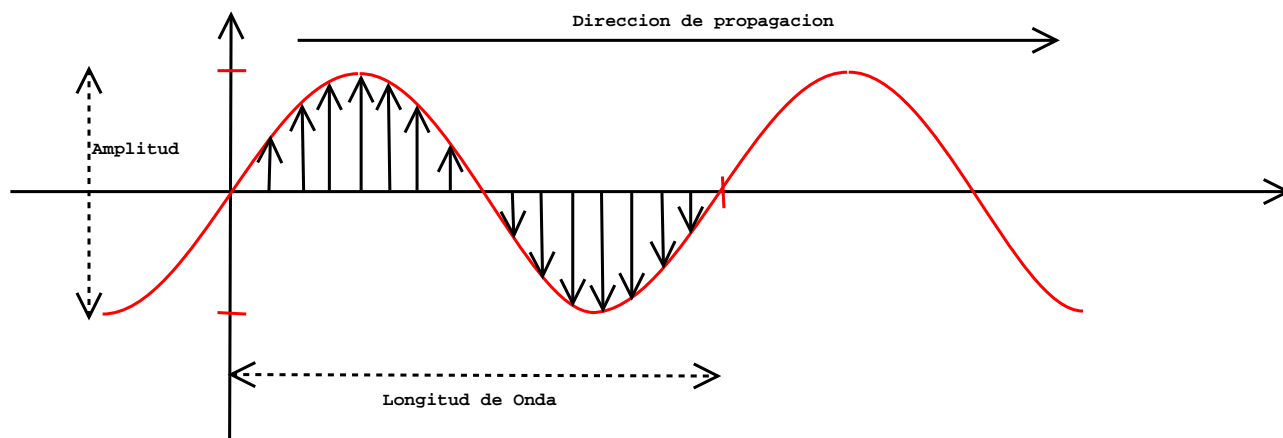


Figura 1: Esquema de un movimiento ondulatorio transversal en donde se destaca la longitud y la amplitud de onda. Las flechas marcan la dirección del movimiento en distintos puntos.

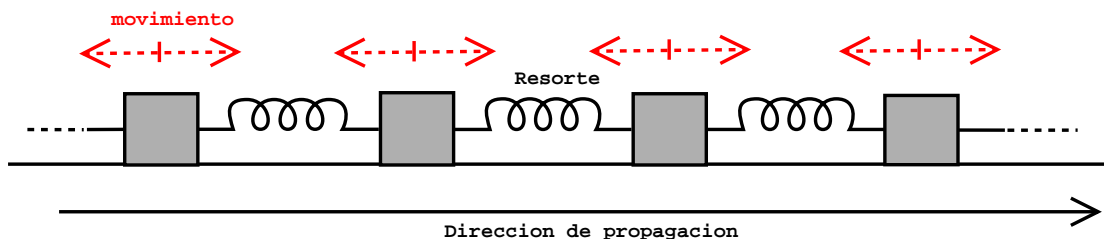


Figura 2: Esquema de un movimiento ondulatorio longitudinal en donde los objetos se encuentran ligados por resortes. El movimiento oscilatorio de un objeto es transmitido a sus vecinos, los cuales lo transmitirán a sus otros vecinos y así sucesivamente.

Si bien las cantidades  $A$ ,  $v$ ,  $\nu$  y  $\lambda$  se utilizan de la misma manera y representan exactamente lo mismo, es necesario diferenciar una onda transversal de una longitudinal. En el primer

caso (Figura 1) el movimiento ondulatorio es perpendicular (transversal) a la dirección de propagación. En cambio una onda longitudinal es aquella en donde el movimiento ondulatorio se da longitudinalmente a la dirección de propagación, como por ejemplo el movimiento de objetos ligados por resortes tal como se esquematiza en la Figura 2.

Radiación electromagnética → ondas transversales.

Ondas sonoras → ondas longitudinales.

Para realizar los ejercicios de óptica física es necesario entender el espectro electromagnético, un esquema del mismo se presenta en la siguiente figura.

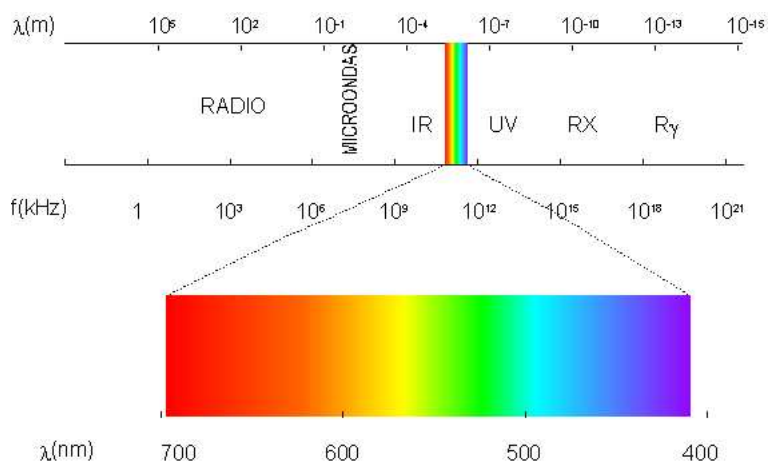


Figura 3: Esquema del espectro electromagnético. Las frecuencias están en KiloHertz y las longitudes de onda en metros. En el caso del visible las longitudes de onda están en nanómetros.

Recordar:  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ,  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ,  $1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$

## Interferencia

1) Un haz de rayos paralelos de luz verde ( $\lambda = 5,5 \times 10^{-5}$  cm) incide sobre una doble ranura separadas 0.8 mm. Encontrar la separación de las franjas claras de interferencia que se forman sobre una pantalla ubicada a 2,4 m.

Respuesta: 0,165 cm

2) Incide luz monocromática sobre una doble ranura separadas 1 mm, formando una figura de interferencia sobre una pantalla distante 1,4 m. Si la distancia de la primer franja oscura al centro es de 0.6 mm ¿cuál es la longitud de onda de la luz?

Respuesta: 8571 Å

3) Luz amarilla ( $\lambda = 5,7 \times 10^{-5}$  cm) cae sobre una doble ranura. A 2 m de distancia, sobre una pantalla blanca, se forman franjas claras de interferencia ubicadas a 4 mm del centro. Calcular la separación de la doble ranura.

Respuesta: 0,28 mm

4) Se usa luz de 4000 Å para realizar un experimento de Young de 2 ranuras. La separación de ambas ranuras es de 0,4 mm. La figura de interferencia se observa sobre una pantalla a 1 m de las ranuras. Si se cambia la fuente luminosa y se usa luz de 6000 Å. ¿En cuánto varió la posición relativa del primer máximo con respecto al centro?

Respuesta: 0,5 mm

5) Se realiza un experimento de Young con luz de 5890 Å y una distancia de 2 m entre la pantalla y la doble rendija. El mínimo de orden 10 aparece a un ángulo de 30° con respecto al rayo incidente (recta normal a la pantalla). Calcular la separación entre las rendijas.

Respuesta:  $9,69 \times 10^{-6}$  m

6) ¿Cuál es la más fina película de índice de refracción  $n = 1,4$  en la cual puede haber interferencia por reflexión para la componente violeta ( $\lambda = 4000$  Å) de un haz incidente de luz blanca? (Considerar ambos casos de interferencia).

Respuesta: 714,28 Å

7) Una película de agua ( $n = 1,33$ ) en el aire tiene un espesor de 3200 Å. Si se ilumina con luz blanca en incidencia normal ¿qué color (dentro del espectro visible) resaltará en la reflexión?

Respuesta: 5674,7 Å

8) En fotografía interesa, en general, reducir al mínimo la cantidad de luz reflejada. Entonces se usan baños antirreflectantes. Si se recubre el objetivo ( $n = 1,5$ ) con una película delgada de  $\text{MgF}_2$  ( $n = 1,38$ ), se logra reducir la reflexión en la superficie de la lente aplicando interferencia. ¿De qué espesor debe ser la película para producir una reflexión mínima en el centro del espectro visible ( $\lambda = 5500$  Å)?

Respuesta: 996,38 Å

9) Una película delgada de  $4 \times 10^{-5}$  cm de espesor está iluminada con luz blanca normal a su superficie. Su índice de refracción es 1,5. ¿Qué longitudes de onda dentro del espectro visible se reforzarán en la luz reflejada?

Respuesta: 4800 Å

10) La luz blanca reflejada por una pompa de jabón cuando la incidencia es normal tiene, en el espectro visible, un sólo máximo de interferencia (para  $\lambda = 6000$  Å). Si  $n = 1,33$  para la película, calcular el espesor de la pompa de jabón.

Respuesta: 1127,8 Å

11) Un espectro continuo se proyecta normalmente sobre una lámina de vidrio cubierta con una capa uniforme de laca. Cuando se mira por reflexión el espectro tiene una franja oscura en la  $\lambda = 660 \mu\text{m}$ . El índice de refracción del vidrio es 1,6 y el de la laca es de 1,5. Calcular el espesor de la capa de laca.

Respuesta: 110  $\mu\text{m}$

12) Una película delgada de un material de índice de refracción 1,5 está rodeada de aire. Se ilumina normalmente con luz blanca y se observa que la primer franja brillante de interferencia tiene una  $\lambda = 7200 \text{ Å}$ . Calcular:

a) El espesor de la película.

b) ¿Qué longitud de onda interfirió destructivamente?.

Respuesta: a) 1200 Å; b) 3600 Å

13) ¿Qué espesor debe tener una película de aceite ( $n=1,4$ ) que recubre el asfalto ( $n=1,6$ ) para que a segundo orden de interferencia la luz reflejada sea violeta ( $\lambda = 4000 \text{ Å}$ )?

Respuesta: 2857,14 Å

## PARA PROFUNDIZAR

Una de las aplicaciones más interesantes de la interferencia de la luz es la generación de hologramas. Un holograma básicamente es una fotografía en tres dimensiones que se la genera utilizando un rayo laser y el principio de interferencia. Si quieres leer un artículo corto y didáctico sobre holografía:

- [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/seci\\_8.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/seci_8.htm)

Ya existen discos de almacenamiento holográfico, los cuales, en capacidad de almacenamiento y velocidad de lectura superan por mucho a los DVDs que hoy en día utilizamos. Si te interesa esta tecnología podés visitar el artículo que presenta Wikipedia (en inglés):

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic\\_Versatile\\_Disc](http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_Versatile_Disc)

Una versión reducida y en español de este artículo:

- <http://es.wikipedia.org/wiki/HVD>

## Polarización

1) Dos membranas polaroid se colocan intersectando un rayo de luz no polarizada de intensidad  $I_0$ . El ángulo entre los ejes de polarización de las 2 membranas es de  $30^\circ$ . ¿Cuál es la intensidad de luz transmitida?

Respuesta:  $0,375 I_0$

2) ¿Cuál es el ángulo de Brewster para una interfase entre aire y vidrio de  $n=1,6$ ? ¿Y cuál si la placa de vidrio se sumerge en agua?

Respuesta:  $58^\circ$  y  $50,26^\circ$

3) Una luz no polarizada incide desde la izquierda en un polarizador que tiene su eje de polarización en posición vertical. La luz primero pasa a través del primer polarizador y después por otro. Si la intensidad del rayo incidente no polarizado era  $I_0$ , y la intensidad del rayo emergente es  $I_0/4$ , ¿cuál es el ángulo entre los ejes de polarización de los dos polarizadores?

Respuesta:  $45^\circ$

4) Se coloca una película polarizante en el trayecto de un rayo de luz polarizado. La intensidad de la luz transmitida es la mitad de la de la luz incidente. ¿Cuál es el ángulo entre la polarización del rayo incidente y del rayo transmitido?

Respuesta:  $45^\circ$

5) La luz solar se refleja en un lago tranquilo. La luz reflejada está polarizada 100 %. ¿Cuál es el ángulo entre el sol y el horizonte?

Respuesta:  $37^\circ$

6) Una mesa de trabajo se ubica debajo de un foco de luz tal como muestra la figura. ¿A qué ángulo ( $\alpha =$  alfa) con respecto al piso hay que ubicarla para que los rayos de luz que se reflejan de la manera mostrada, molesten lo menos posible al trabajador?

Respuesta:  $\alpha \sim 58^\circ$

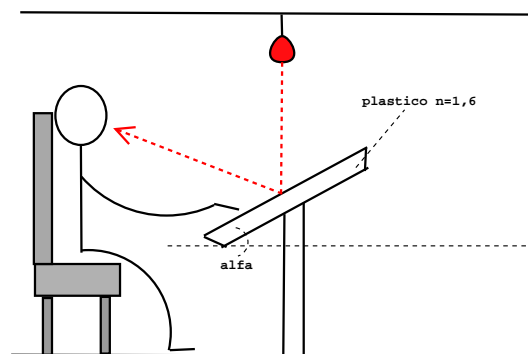


Figura 4: Diagrama para el Ejercicio 6.

7) Un haz de rayos de sol, con una intensidad  $I$ , inciden sobre la superficie tranquila de un lago (agua,  $n = 1.33$ ) con un ángulo de  $53.06^\circ$ . Los rayos reflejados llegan a una persona que posee anteojos con un eje de polarización que forma  $30^\circ$  respecto al plano del piso. ¿Qué porción de la intensidad original llega al ojo de la persona?

## PARA PROFUNDIZAR

Las aplicaciones de la polarización de la luz van mucho más allá que el simple uso de anteojos oscuros para el sol. Este fenómeno que ocurre en las ondas electromagnéticas puede permitir distinguir compuestos químicos, biológicos o geológicos, tiene incidencia en el comportamiento de animales capaces de percibir luz polarizada, permite conocer las condiciones de regiones en el espacio exterior que se encuentran a miles de años luz de nuestro planeta y posee una gran variedad de aplicaciones tecnológicas.

El artículo que presenta Wikipedia al respecto es muy completo, lo podés visitar en:

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Polarización\\_electromagnética](http://es.wikipedia.org/wiki/Polarización_electromagnética)

## FOTOMETRIA

1) Un candil en el centro del techo de un teatro está colocado a una altura de 6 m sobre el piso. ¿Cuántas lámparas de filamento de tungsteno de 60 watt debe contener para producir una intensidad de iluminación de 60 lux sobre el piso? Suponer que la eficiencia de cada lámpara es de 1,2 cd/watt.

Respuesta: 30 lámparas

2) Una mesa está iluminada por dos lámparas de 100 watt c/u, separadas entre sí y a 1 m por encima de la mesa. La intensidad de iluminación en la parte superior de la mesa en el punto medio entre ambas lámparas es de 200 lux. Calcular la separación entre las lámparas.

Suponga una eficiencia de 1,25 cd/watt.

Respuesta: 0,8 m

3) Calcular el flujo luminoso producido sobre una pantalla de 1.5 m<sup>2</sup> por una fuente luminosa de 2000 cd situada a 2m de la pantalla.

Respuesta: 750 lúmenes

4) Para que desaparezca la mancha de grasa de un fotómetro, dos focos se deben situar a 40 cm y 10 cm. Calcular:

a) ¿cuántas veces más intenso es uno de los focos respecto del otro?

b) Si la intensidad del foco más alejado es de 100 cd, ¿cuál es la intensidad del otro foco?

Respuesta: a) 16; b) 6,25 cd

5) La pantalla de un fotómetro de Bunsen está igualmente iluminada en sus 2 caras cuando se coloca una fuente A a una distancia 3 veces mayor de dicha pantalla que otra fuente B.

a) Si la fuente A se desplaza normalmente al eje una altura h igual a su distancia a la pantalla. ¿Cuánto habrá que acercar o alejar a B sobre su eje, para restablecer la igualdad de iluminación?

b) Si la fuente B tiene una intensidad de 1 cd, hallar la iluminación producida por ella sobre la pantalla sabiendo que inicialmente estaba a 1 m.

Respuesta: a) se aleja 0,68 d<sub>B</sub> ; b) 0,35 lux

6) Dos lámparas A y B producen igual iluminancia en ambas caras de un cartel cuando A está a 70 cm de una de las caras. Si se reemplaza la lámpara B por otra cuya intensidad de iluminación es la mitad, calcular la distancia que debe desplazarse la lámpara A para restablecer la igualdad de iluminación.

Respuesta: 29 cm

7) Dos lámparas de 9 y 25 candelas están separadas por una distancia de 1 m. ¿Dónde debe colocarse entre ellas una pantalla, para ser igualmente iluminada en ambas caras?.

Respuesta: 0,635 m

8) Un panel en donde se ubican posters de ambos lados está igualmente iluminado en sus dos caras cuando se colocan una fuente A a 3 m de una de las caras y una fuente B a 1 m de la otra. Si la fuente A se desplaza perpendicularmente al piso hasta una altura de 2 m. ¿Cuánto habrá que mover horizontalmente a la fuente B para restablecer la igualdad de iluminación?.

Respuesta: 0,32 cm



9) Se tiene una lámpara eléctrica común de 200 cd y la superficie del filamento es de  $1 \text{ cm}^2$ . La luminancia es de  $200 \text{ cd/cm}^2$ , no tolerada por el ojo. Si el bulbo está esmerilado y con una superficie de  $200 \text{ cm}^2$ , suponiendo absorción nula, ¿en cuánto disminuyó la luminancia?

Respuesta: 200 veces

10) Una fuente luminosa cuya intensidad vale 900 cd está suspendida sobre una mesa de trabajo. La iluminación de la mesa en el punto situado en la vertical de la fuente es de 100 lux.

a) ¿A qué altura sobre la mesa se encuentra la fuente?

b) ¿A qué distancia del primero se encuentra un punto de la mesa en el que la iluminación es de 85 lux?

Respuesta: a) 3 m; b) 1,02 m

11) Un campo de deportes tiene la forma de un cuadrado de 140 m de lado. El campo ha de ser iluminado para juego nocturno por 6 torres que sostienen baterías de lámparas de incandescencia de 1000 Watt cada una, con un rendimiento luminoso de 30 lum/watt.

La iluminación necesaria sobre el campo de juego es de  $200 \text{ lum/m}^2$ . Se supone que el 50% del flujo luminoso emitido por las lámparas alcanza el campo. ¿Cuántas lámparas se necesitan en cada torre?.

Respuesta: 44 lámparas

12) En el centro geométrico de una habitación cúbica de 4 m de lado hay una lámpara de 500 candelas de intensidad. Determinar las iluminancias máxima y mínima en el piso.

Respuesta:  $E_{max} = 125 \text{ lux}$ ;  $E_{min} = 24,08 \text{ lux}$

13) Observar el diagrama de Distribución Luminosa en la Figura 5 correspondiente a una fuente de luz simétrica. Los isocontornos corresponden a 100, 200 y 300 cd. Esta lámpara se ubica a 3 m de altura. Según el diagrama calcular la iluminación que se genera en el piso: en el punto de incidencia normal y en un punto ubicado a 1,732 m del punto de incidencia normal.

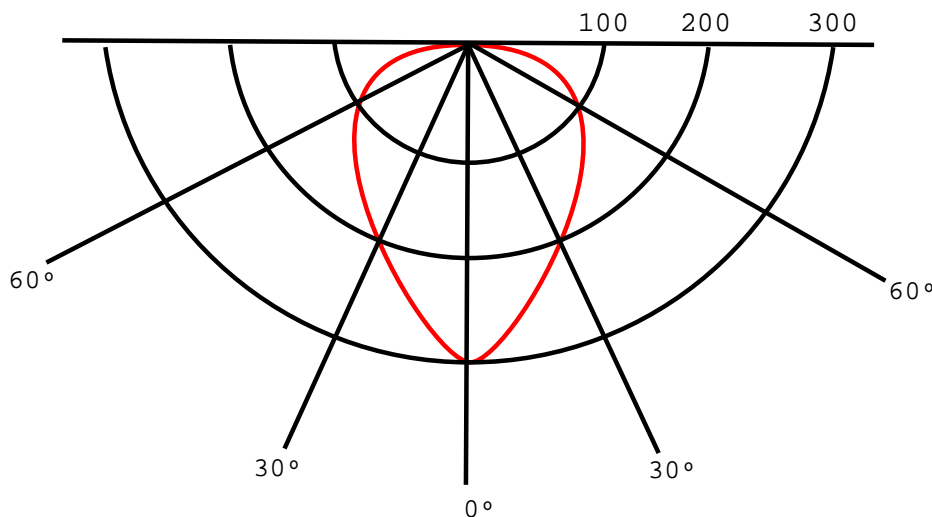


Figura 5: Diagrama para el Ejercicio 13.

## SONIDO

1) El oído es sensible a frecuencias sonoras en el margen comprendido de 20 a 20000 Hz aproximadamente. ( $1 \text{ Hz} = 1 \text{ Hertz} = 1 \text{ ciclo/seg} = 1 \text{ seg}^{-1}$ )

a) ¿Cuáles son las longitudes de onda en el aire correspondientes a estas frecuencias?

b) ¿Cuáles son las longitudes de onda en el agua?

Datos:  $v_{\text{aire}} = 348 \text{ m/s}$  ;  $v_{\text{agua}} = 1450 \text{ m/s}$

Respuesta: a) desde 0,0174 m hasta 17,4 m ; b) desde 0,0725 m hasta 72,5 m

2) Los murciélagos emiten ondas ultrasónicas. La longitud de onda mínima emitida en el aire por un murciélago es aproximadamente 0,0033 m. ¿Cuál es la máxima frecuencia que puede emitir un murciélago?

Respuesta: 105,46 KHz

3) a) ¿Cuál es el nivel de intensidad en db de una onda sonora cuya intensidad es  $10^{-10} \text{ watt/cm}^2$  respecto a una intensidad arbitraria de referencia de  $10^{-16} \text{ watt/cm}^2$ ?

b) ¿Cuál es el nivel de intensidad de una onda sonora en el aire, cuya amplitud de variaciones de presión es 2 dinas/cm<sup>2</sup>? *Densidad del aire = 0,00122 g/cm<sup>3</sup>.*

Respuesta: a) 60 db ; b) 76,73 db

4) Una ventana cuya superficie es de 1 m<sup>2</sup> está abierta a una calle cuyo ruido produce un nivel de intensidad en la ventana de 60 db. ¿Qué potencia acústica penetra por la ventana por medio de ondas sonoras?

Respuesta:  $10^{-6} \text{ Watt}$

5) El nivel de intensidad de una fuente sonora es de 60 db. Calcular la energía que se disipa por una superficie de 2 m<sup>2</sup> durante 10 segundos.

Respuesta:  $2 \times 10^{-5} \text{ Joules}$ .

6) La intensidad debida a un cierto número de focos sonoros independientes es la suma de las intensidades de cada uno.

a) ¿Cuántos decibeles mayor es el nivel de intensidad cuando lloran cinco quintillizas que cuando llora una sola?

b) ¿Cuántos niños más deberían llorar para producir otro aumento del mismo número de decibeles?

Respuesta: a) 7 db ; b) 20 niños más

7) a) ¿Cuál es la intensidad de un sonido de 50 db? b) ¿Cuántas fuentes sonoras iguales a la anterior deberán sonar juntas para alcanzar un nivel de intensidad de 57 db?.

Respuesta: a)  $10^{-11} \text{ Watt/cm}^2$ ; b) 5

8) Un sonido cuya intensidad es de  $I = 10^{-7} \text{ Watt/cm}^2$  disminuye 100000 veces. ¿En cuánto disminuyó el nivel de intensidad?

Respuesta: 50 db

9) Los niveles de intensidad de dos sonidos difieren en 20 db. ¿Cuál es la relación de las intensidades de ambos sonidos?, y ¿cuál es la relación de las presiones? (*Considerar que los sonidos se propagan en el mismo medio*).

Respuesta: a) 100; b) 10

10) Dos altavoces A y B emiten ondas sonoras. La intensidad emitida por A es de  $8 \times 10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup> y por B es de  $13,5 \times 10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup>. Hallar la intensidad y el nivel de intensidad cuando ambos altavoces funcionan simultáneamente.

Respuesta:  $I = 21,5 \times 10^{-4}$ ;  $\beta = 133$  db

## PARA PROFUNDIZAR

La acústica es una disciplina que posee una gran influencia en la vida del ser humano. Una de sus tantas actividades es la acústica arquitectónica, la cual entiende en el diseño de recintos y espacios que se adapten a los más diversos requerimientos acústicos.

Un artículo de acústica arquitectónica puede obtenerse en formato .pdf en:

- [www.cetear.com/cap04.pdf](http://www.cetear.com/cap04.pdf)

La contaminación sonora en las grandes ciudades o la existencia de sonidos indeseables en distintos ambientes es un problema molesto que puede tornarse peligroso. Aquí queremos mencionar que una de las tantas técnicas que se pueden utilizar para eliminar dichos inconvenientes es la cancelación de sonidos por interferencia destructiva. De la misma manera que ocurre en las ondas electromagnéticas, el sonido puede interferir destructivamente y en consecuencia puede ser eliminado. Si te interesa leer sobre este fenómeno y sus aplicaciones, podés visitar: (en inglés)

- [http://www.school-for-champions.com/science/noise\\_cancellation.htm](http://www.school-for-champions.com/science/noise_cancellation.htm)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Active\\_noise\\_control](http://en.wikipedia.org/wiki/Active_noise_control)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Noise-cancelling\\_headphone](http://en.wikipedia.org/wiki/Noise-cancelling_headphone)

Sitio del grupo de investigación en “active noise control” de Southampton University:

- <http://www.isvr.soton.ac.uk/ACTIVE/INDEX.HTM>